

Висновки

Інформативність сучасних засобів введення-виведення й обробки зображень визначається можливостями елементної бази і методами паралельної обробки даних. Тому одним із пріоритетних напрямків є використання оптичелектронної елементної бази, оскільки паралельні методи обробки, орієнтовані на дану елементну базу, використовують природний паралелізм, властивий оптичелектронним процесорам обробки зображень. Реалізація ОЗП ЦОЕП на оптичних схемах дає можливість підвищити швидкість процесора, а також збільшити функціональні можливості ОЗП, що у свою чергу дозволяє відмовитися від ОКТ у складі ЦОЕП.

1. *Справочник по цифровой вычислительной технике / Под ред. Б.Н. Малиновского. -К., 1980. -320 с.* 2. *Прэнтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ - М., 1982.* 3. *Huang K.-S., Jenkins B.K., Sawchuk A.A. Image algebra representation of parallel optical binary arithmetic // Applied Optics. Vol. 28, №6. Pp. 1263-1278.* 4. *Цифровой оптоэлектронный процессор многоуровневых изображений / Красиленко В.Г. и др. // Электронное моделирование. 1993. №3. С.13-18.* 5. *Денисов В.М. и др. Организация оптоэлектронных пространственно-непрерывных арифметико-логических устройств // Электронное моделирование. 1986. №2. С.25-28.* 6. *Очин Е.Ф. Принципы организации цифрового оптоэлектронного процессора для обработки изображений в пространственно-непрерывной форме// Электронное моделирование. 1984. №3. С.16-19.* 7. *Денисов В.М. и др. Структура цифрового оптоэлектронного процессора многоуровневых изображений по пространственно-непрерывным разрядным срезам // Электронное моделирование. 1994. №6. С.99-101.* 8. *Кожеляко В.П., Тимченко Л.И., Лысенко Г.Л., Кутаев Ю.Ф. Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники: Учебное пособие. К., 1990.* 9. *Лисенко Г.Л., Суприган В.А. Секціоновані паралельно послідовні оптичелектронні інтегральні схеми // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 1998. №2. С.55-58.*

УДК 621.38.049.77

З.Ю.Готра, А.І.Халавка

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра електронних приладів

СТАБІЛІЗАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛООВОГО ЗВ'ЯЗКУ ІНТЕГРАЛЬНИХ ТЕПЛОКЕРОВАНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

© З.Ю.Готра, А.І.Халавка, 2000

Запропоновано спосіб стабілізації параметрів інтегральних тепло-керованих операційних підсилювачів внутрішнім теплоелектричним зворотним зв'язком. Розроблено схеми окремих вузлів пристроїв на основі даного принципу. Спосіб застосовано для побудови інтегральних фільтрів низькочастотного діапазону.

A method of the normalization of integrated thermal controlled amplifiers' parameters by means of internal electrothermal feedback is proposed. The electrical diagrams of some units of devices on the basis of that principle are elaborated. The method was used to the construction of integrated low-pass filters.

Теплокерований операційний підсилювач (ТОП) є основою елементної бази інтегральних схем на основі явищ теплопереносу нового покоління [1]. Принципи побудови, схемотехніка та основні параметри інтегральних ТОП викладені у роботах [1–3]. Практичному ж впровадженню ТОП перешкоджає низька стабільність (температурна і часова) та технологічна відтворюваність параметрів, які пов'язують тепло- та електрофізичні процеси у кристалі інтегральної схеми (ІС), їх істотна залежність від розмірів кристала чи його теплоактивної області (мембрана, теплоізольована “кишеня” тощо) та геометрії системи нагрівник – термочутливий елемент (так звана теплопара). Мова йде, насамперед, про коефіцієнт теплового зв'язку, тобто коефіцієнт передачі з “теплового” входу ТОП на вихід схеми, приведений до “електричного” входу. У загальному випадку коефіцієнт теплового зв'язку є величиною комплексною і враховує також частотну залежність теплового зв'язку між елементами інтегральної теплопари. У наближенні точкової теплопари (коли нагрівний елемент топологічно суміщений з термочутливим) коефіцієнт теплового зв'язку може бути записаний у вигляді

$$K_T(s) = \frac{K_{T0}}{1+s}$$

де $s = j \cdot \omega$ – комплексна частота, K_{T0} – коефіцієнт теплового зв'язку по постійному струму. Проблема стабілізації частоти зрізу виходить за межі даної роботи, тому під коефіцієнтом теплового зв'язку будемо розуміти K_{T0} .

У деяких практичних застосуваннях (зокрема при побудові давачів потоку з частотним виходом на основі ТОП) стабілізація K_{T0} має вирішальне значення. Для розв'язання даного завдання запропоновано використати схему автостабілізації (рис.1), в якій коефіцієнт підсилення проміжного підсилювача в ланці теплового збудження визначається теплофізичними параметрами частотноселективної ланки на нульовій частоті. Регулювання коефіцієнта підсилення здійснюється через струмозадавальне коло, при цьому у сигнальний тракт не вносяться додаткові спотворення.

Схема містить два ідентичні канали, один з яких (основний – канал 1) здійснює частотну обробку сигналу, а другий (допоміжний – канал 2) використаний для стабілізації коефіцієнта теплового зв'язку.

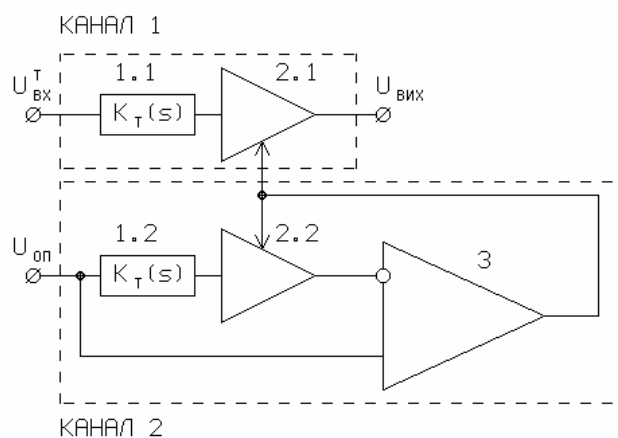


Рис.1. Структурна схема автостабілізації коефіцієнта теплового зв'язку

Схема теплового збудження (СТЗ) каналу 1 з відповідними інтегральними теплопарами формує частотно-селективну ланку 1.1, яка призначена для формування частотної ха-

рактеристики ФНЧ з частотою зрізу 0,2–1 Гц. Детектований термочутливими елементами інтегральних теплопар сигнал з виходу частотно-селективної ланки 1.1 надходить на вхід керованого підсилювача 2.1. Таких підсилювач може бути реалізований на основі відомої схеми аналогового перемножувача.

На вхід каналу 2 подають постійну (опорну) напругу $U_{оп}$. За допомогою внутрішнього операційного підсилювача з коефіцієнт підсилення керованих підсилювачів обох каналів встановлюють таким, щоб забезпечити одиничний коефіцієнт передавання у каналі 2, а отже, – одиничний коефіцієнт підсилення по постійному струму в каналі 1.

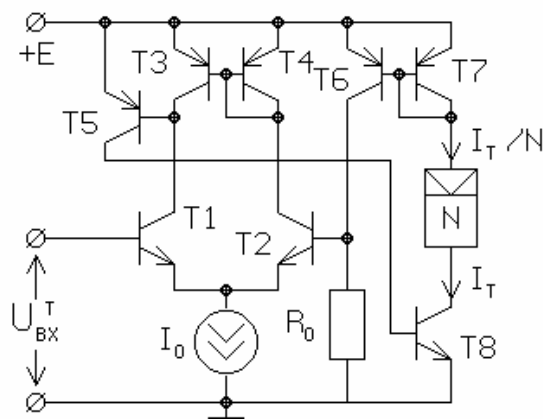


Рис. 2. Схема теплового збудження з регульованою характеристикою електро-теплового перетворення

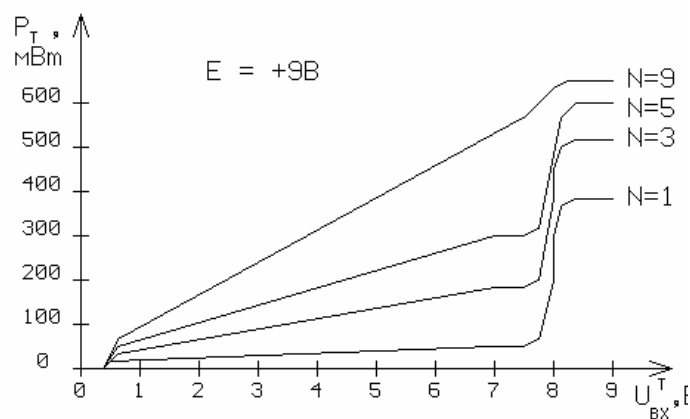


Рис. 3. Характеристика електротеплового перетворення СТЗ на рис. 2

Розглянемо варіанти схемотехнічної реалізації даного принципу. Аналіз поставленого завдання показав недоцільність застосування запропонованої в [2] диференційної СТЗ двотактної дії через вузький динамічний діапазон на вході цієї схеми (0,6 ÷ 60 мВ). Навпаки, для вирішення даного завдання необхідна СТЗ з широким динамічним діапазоном на вході та лінійною функцією передачі напруга–потужність. Така схема наведена на рис. 2. Схема містить операційний підсилювач на елементах I_0 , T_1 – T_5 . Нагрівним елементом схеми є транзистор T_8 . Від’ємний зворотний зв’язок з колектора транзистора T_5 на базу нагрівного транзистора T_8 забезпечує таке значення струму розігріву I_T через нагрівний транзистор T_8 , щоб виконувалась рівність $U_{ВХ} = U_R$, де U_R – спад напруги на резисторі R_0 . Таким чином, струм розігріву

$$I_T = N \cdot \frac{U_R}{R_0} = N \cdot \frac{U_{ВХ}}{R_0}$$

визначається значенням опору R_0 та коефіцієнтом регулювання струму нагрівання N . Характеристика електротеплового перетворення розглядуваної СТЗ зображена на рис. 3.

Для регулювання сили струму нагрівання I_T використано керований підсилювач (рис. 4), побудований на основі схеми перемножувача струмів [4]. Схема містить генератор струму I_0 , діоди логарифмування D_2 та D_3 , діод зміщення D_1 , каскад підсилення на транзисторах T_1 і T_2 з динамічним навантаженням на транзисторах T_3 – T_{10} та струмозадавальним колом

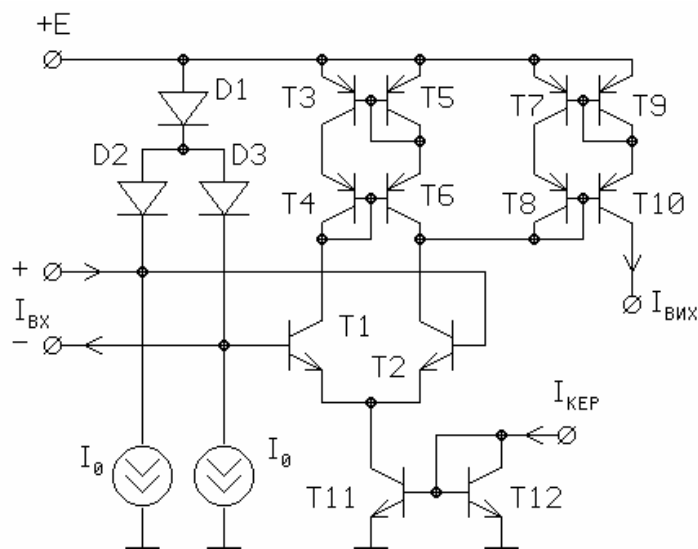


Рис. 4. Схема електрична підсилювача струму з регульованим коефіцієнтом підсилення

T_{11} – T_{12} . Керування коефіцієнтом підсилення здійснюється струмом I_{KEP} . Диференційний струмовий сигнал $\pm I_{BX}$ подають на схему логарифмування. При цьому через діоди логарифмування D_2 , D_3 протікатимуть струми:

$$I_{D2} = I_0 + I_{BX}; \quad I_{D3} = I_0 - I_{BX}.$$

Напруга на входах каскаду підсилення становить:

$$\Delta U_{BX} = U_{D3} - U_{D2} = \varphi_T \cdot \ln \frac{I_0 + I_{BX}}{I_0 - I_{BX}},$$

де φ_T – температурний потенціал. Колекторні струми транзисторів T_1 і T_2 знаходять через значення струму керування I_{KEP} .

$$I_{T1} = \frac{I_{KEP}}{2} \cdot \left(\operatorname{th} \frac{\Delta U_{BX}}{2 \cdot \varphi_T} + 1 \right); \quad I_{T2} = \frac{I_{KEP}}{2} \cdot \left(\operatorname{th} \frac{\Delta U_{BX}}{2 \cdot \varphi_T} - 1 \right).$$

Вихідний струм підсилювача запишемо як різницю колекторних струмів транзисторів T_1 і T_2 :

$$I_{VИX} = I_{T2} - I_{T1}.$$

Після відповідних підстановок отримаємо:

$$I_{VИX} = I_{KEP} \cdot \operatorname{th} \frac{\Delta U_{BX}}{2 \cdot \varphi_T} = I_{KEP} \cdot \frac{I_{BX}}{I_0}.$$

Регулювання коефіцієнта підсилення здійснюють струмом I_{KEP} . Для перетворення однополярного струму I_T у двополярний $\pm I_{BX}$ використано розщеплювач струмів (рис. 5).

Схемотехніка приймальної частини каналу регулювання аналогічна до схемотехніки ТОП.

Застосування даної схеми автостабілізації дозволяє теоретично підвищити стабільність K_{TO} у K_{OP} разів (де K_{OP} – коефіцієнт підсилення операційного підсилювача з на рис. 1), а практично довести її до рівня, який обмежений технологічним розкидом електричних параметрів елементів ІС, виготовлених в одному кристалі ІС.

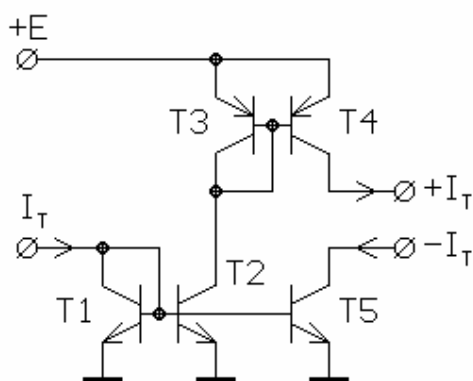


Рис. 5. Схема електрична розщеплювача струму

Запропонована схема автостабілізації коефіцієнта теплового зв'язку апробована при побудові ІС частотних фільтрів діапазону низьких та інфранизьких частот в рамках комплексу робіт з розробки мікроелектронних сенсорних пристроїв у лабораторії напівпровідникової мікроелектроніки Львівського науково-дослідного радіотехнічного інституту (ЛНДРТІ) [5]. Це дозволило підвищити температурну стабільність до рівня 10^{-4} $1/^{\circ}\text{C}$, що на порядок краще ніж досягнені раніше результати [6]

1. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., Халавка А.І. Монолитные полупроводниковые интегрированные цепи на эффектах теплопередачи // Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника. 1999. 42, № 1. С. 59-65. 2. Готра З.Ю., Голяка Р.Л., Халавка А.І. Теплокерований операційний підсилювач // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 1997. № 326. С. 88-92. 3. Thermal-controlled operational amplifier as a new multi-purpose component of monolithic low-frequency ICs / Gotra Z., Golyaka R., Khalavka A., Kalita W., Bansky J. // The International Journal of Microcircuits and Electronic Packaging. 1997. 20, № 4. P. 516-520. 4. Квасісплайновий синтезатор функцій в базисі аналогових біполярних ІС / Голяка Р.Л., Готра З.Ю., Забаріло А.Ю., Смеркло Л.М. // Схемотехніка інтегральних аналогових сенсорних пристроїв. Львів, 1996. С. 138-150. 5. Інтегральний частотний фільтр основі явищ теплопереносу з автостабілізацією коефіцієнта підсилення по постійному струму / Готра З.Ю., Голяка Р.Л., Смеркло Л.М., Халавка А.І. // Деп. в ДНТБ України 09.01.1996 р., № 226 – Ук. 96. – 7 с. 6. Гапонко Н.П., Шкуратов М.Ф., Наумов Н.М. Релаксационные схемы с тепловыми связями // Изв. вузов. Сер. Приборостроение. 1986. 19, № 1. С. 89-93.